

TSCHLAND

reichung

nbH,

erspeicher

üchen 6 bis 12
ngen.

edergabe der ur-

003
kenamt

A 9161
06/00
EDV-L

art

Adsorptions-Kühlapparat mit Pufferspeicher

5

Die Erfindung betrifft einen periodisch arbeitenden Adsorptions-Kühlapparat mit Pufferspeicher und ein Verfahren zu dessen Betrieb gemäß dem Oberbegriff des Anspruch 1.

10 Adsorptions-Kühlapparate sind Geräte, in denen ein festes Sorptionsmittel ein dampfförmiges Arbeitsmittel unter Wärmefreisetzung auf mittlerem Temperaturniveau sorbiert (Adsorptionsphase). Das Arbeitsmittel verdampft dabei in einem Verdampfer unter Wärmeaufnahme auf tieferem Temperaturniveau. Nach der Adsorptionsphase kann das Arbeitsmittel durch Wärmezufuhr auf hohem Temperaturniveau wieder desorbiert werden (Desorptionsphase). Dabei dampft Arbeitsmittel aus dem Sorptionsmittel ab und strömt in einen Verflüssiger. Dort wird das Arbeitsmittel rückverflüssigt und im Verdampfer anschließend erneut verdampft.

20 Adsorptions-Kühlapparate mit festen Sorptionsmitteln sind aus der EP 0 368 111 und der DE-OS 34 25 419 bekannt. Sorptionsmittelbehälter, gefüllt mit Sorptionsmittel, saugen dabei Arbeitsmitteldampf, welcher in einem Verdampfer entsteht, ab und sorbieren ihn in der Sorptionsmittelfüllung unter Wärmefreisetzung. Die Sorptionswärme muss dabei aus der Sorptionsmittelfüllung abgeführt werden. Die 25 Kühlapparate können zum Kühlen und Warmhalten von Lebensmitteln in thermisch isolierten Behältern eingesetzt werden. Zwischen dem Verdampfer und dem Sorptionsmittel enthalten diese Kühlapparate eine Absperrvorrichtung. Diese erlaubt eine Verdampfung und Sorption des Arbeitsmittels zu einem späteren Zeitpunkt.

30 Der aus der EP 0 368 111 bekannte Adsorptions-Kühlapparat besteht aus einer transportablen Kühleinheit und einer davon separierbaren, stationären Ladestation. Die Kühleinheit enthält einen Sorptionsbehälter, gefüllt mit einem festen Sorptionsmittel und einen Verdampfer mit flüssigem Arbeitsmittel. Auch hier sind Verdampfer und Sorptionsbehälter über eine absperrbare Dampfleitung miteinander verbunden. Durch einen im Verdampfer eingebetteten Wärmetauscher fließen flüssige 35 Medien, die durch temperaturgeregeltes Öffnen und Schließen der Absperreinrichtung auf das gewünschte Temperaturniveau gekühlt werden. Nachdem das Sorptionsmittel mit Arbeitsmittel gesättigt ist, kann es in der Ladestation erhitzt werden. Der dabei abströmende Arbeitsmitteldampf wird im Verdampfer rückver-

flüssigt. Die Kondensationswärme wird durch Kühlwasser, das durch den eingebetteten Wärmetauscher strömt, abgeführt.

Die Absperreinrichtungen dienen zum einen dazu, während der Desorptionsphase den Verdampfer vom restlichen Kühlapparat abzukoppeln, um ein Einströmen heißen Arbeitsmitteldampfes in den kalten Verdampfer zu verhindern und zum anderen dazu, während der Adsorptionsphase die Kälteerzeugung im Verdampfer zu regeln oder auf einen späteren Zeitpunkt zu verschieben. Ohne Absperreinrichtung wird in jedem Fall der Verdampfer während der Desorptionsphase heiß und damit das mit diesem in Kontakt stehende zu kühlende Medium warm.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, in einem Adsorptions-Kühlapparat ohne Absperreinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 das zu kühlende Medium in der Desorptionsphase vor unzulässiger Erwärmung zu schützen.

Gelöst wird diese Aufgabe bei einem Adsorptions-Kühlapparat der erfindungsgemäßen Art durch die kennzeichnenden Merkmale der Ansprüche 1 und 12. Die Unteransprüche zeigen vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

Die Kopplung des Verflüssigers an einen Pufferspeicher erlaubt eine deutlich schnellere Desorption und damit einhergehend eine höhere Desorptionsleistung, da die Verflüssigungswärme z.B. auf Grund einsetzender Konvektion effektiver abgeleitet werden kann. Die Desorptionsphase kann damit gegenüber der Adsorptionsphase deutlich verkürzt werden. Das zu kühlende Medium ist weniger lange den hohen Verflüssigungs-Temperaturen ausgesetzt. Bei einem geeignet dimensionierten Pufferspeicher kann die Desorptionsphase auf wenige Minuten reduziert werden, während die Adsorptionsphase mehrere Stunden bis zu mehreren Tagen dauern kann. Der Pufferspeicher kann während dieser langen Adsorptionsphase die mit hoher Leistung aufgenommene Wärmelast langsam und über kleine Wärmetauscherflächen abführen.

Als Pufferspeicher sind prinzipiell alle aus der Wärmespeichertechnik bekannten Speichermedien wie Flüssigkeiten, Phasenwechselmaterialien (PCM) und Feststoffe geeignet. Preiswert ist Wasser, das auch eine hohe Wärmeübertragungsleistung ermöglicht. Der Verflüssiger kann dabei direkt in einem Wasserspeicher integriert sein. Über die äußere Oberfläche des Tanks wird dann die gepufferte Wärme während der langen Adsorptionsphase ohne zusätzliche Wärmetauscher an die Umgebungsluft abgeführt.

5 Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Verdampfer in Bezug auf das zu kühlende Medium so angeordnet ist, dass er während der Desorptionsphase relativ wenig Wärme abgibt. Erreicht wird dies z.B. dadurch, dass relativ wenig zu kühlendes Medium mit dem Verdampfer in Kontakt steht oder während der Desorptionsphase nicht umgewälzt wird. Wenn das zu kühlende Medium gasförmig ist, wie z.B. in Kühlschränken, ist es vorteilhaft, den Verdampfer unter der Decke des Schrankes zu platzieren. Da warme Luft leichter ist als kalte, verbleibt die kalte Luftmasse im unteren Bereich des Schrankes während nur die den Verdampfer umgebende Luftmenge warm wird. Die im Schrank gelagerten Waren bleiben dann während der relativ kurzen Desorptionsphase kalt. Dieser Effekt kann noch zusätzlich durch Kältespeichernde Medien und/oder Strahlungsschirme verstärkt werden, die unterhalb des Verdampfers angeordnet sind.

10

15 Für hohe Desorptionsleistungen sind eine hohe Wärmeleitung im Sorptionsmittel und ein guter Wärmeübergang von der Heizquelle nötig. Besonders vorteilhaft kann es sein, wenn die Heizleistung in das Sorptionsmittel während der Desorptionsphase weit höher ist, als die Wärmeverluste an die Umgebung. In diesem Fall kann eine thermische Isolierung an den der Umgebung zugewandten Sorptionsbehälter-Hüllen entfallen. Über diese wird während der Adsorptionsphase die Adsorptionswärme abgegeben, ohne dass es zusätzlicher Maßnahmen bedarf.

20

25 Besonders vorteilhaft ist die Verwendung des Adsorptionsstoffpaars Zeolith/Wasser. Zeolith ist ein kristallines Mineral, das aus einer regelmäßigen Gerüststruktur aus Silizium- und Aluminiumoxiden besteht. Diese Gerüststruktur enthält kleine Hohlräume, in welchen Wassermoleküle unter Wärmefreisetzung adsorbiert werden können. Innerhalb der Gerüststruktur sind die Wassermoleküle starken Feldkräften ausgesetzt, welche die Moleküle im Gitter in einer flüssigkeitsähnlichen Phase binden. Die Stärke der auf die Wassermoleküle einwirkenden Bindungskräfte ist abhängig von der bereits voradsorbierten Wassermenge und der Temperatur des Zeolithen. Für den praktischen Gebrauch können pro 100 Gramm Zeolith bis zu 25 Gramm Wasser sorbiert werden. Zeolithe sind feste Stoffe ohne störende Wärmeausdehnung bei der Adsorptions- bzw. Desorptionsreaktion. Die Gerüststruktur ist von allen Seiten für die Wasserdampfmoleküle frei zugänglich. Die Apparate sind deshalb in jeder Lage einsatzfähig.

30

35 Die Verwendung von Wasser als Arbeitsmittel gestattet es, den erforderlichen Regelungsaufwand auf ein Minimum zu reduzieren. Beim Verdampfen von Wasser unter Vakuum kühlt sich die Wasseroberfläche auf 0°C ab und gefriert bei fortgesetzter Verdampfung zu Eis. Die Eisschicht kann vorteilhaft zur Regelung der Temperatur des zu kühlenden Mediums benutzt werden. Bei geringer Wärmezufuhr

wächst die Eisschicht, bei sehr großer Wärmezufuhr schmilzt sie ab. Durch die Eisbildung wird die Wärmeübertragung vom zu kühlenden Medium in den Verdampfer reduziert, so dass sich das Medium nicht unter 0°C abkühlen kann. Bei fortgesetzter Verdampfung kann der komplette Wasservorrat im Verdampfer vereisen.

5 Die Sublimationstemperatur der Eisschicht sinkt anschließend unter 0°C ab.

Dem wässrigen Verdampferinhalt können auch den Gefrierpunkt absenkende Stoffe beigemischt sein, wenn die Temperatur des zu kühlenden Mediums unter 0°C abgesenkt werden soll.

10 Verwendbar sind auch andere Sorptionstoff-Paarungen, bei denen das Sorptionsmittel fest ist und auch bei der Sorptionsreaktion fest bleibt. Feste Sorptionsmittel haben eine geringe Wärmeleitung und einen begrenzten Wärmeübergang. Da auch der Wärmeübergang vom Sorptionsmittelbehälter an die Wärme aufnehmende Umgebungsluft in der gleichen Größenordnung liegt, empfehlen sich prinzipiell Wärmetauscher ohne Berippung, wie beispielsweise Platten, Rohre und gewellte Metallschläuche. Einige feste Sorptionsmittel, wie Zeolithe, sind stabil genug um auch äußere Überdrücke auf dünnwandigen Wärmetauscherflächen zu kompensieren. Zusätzliche Versteifungen oder dickwandige Wärmetauscherflächen sind deshalb nicht nötig.

15 20 Feste Sorptionsmittel lassen sich zudem zu Formkörpern verarbeiten. Ein einzelner oder einige wenige Formkörper können eine komplette, preisgünstige Sorptionsmittelfüllung bilden.

25 Für eine wirtschaftliche Betriebsweise sind bei Zeolith/Wasser-Systemen Desorptions-Endtemperaturen von 200 bis 300 °C und Adsorptions-Endtemperaturen von 40 bis 80°C empfehlenswert. Da insbesondere Zeolithgranulate eine geringe Wärmeleitung haben, sind die Sorptionsmittelbehälter so auszulegen, dass der Wärmeleitungsweg für die umgesetzten Wärmemengen 3 cm nicht übersteigt.

30 35 Als Wärmequelle für die Desorptionsphase sind alle bekannten Einrichtungen geeignet, vorausgesetzt das erforderliche Temperaturniveau für die Desorptionsreaktion wird damit erreicht. Vorteilhaft sind elektrisch beheizte Platten oder Patronen, die der Geometrie der Sorptionsmittelbehälter angepasst sind. Gut geeignet sind auch Heizvorrichtungen, die mittels Strahlung oder Induktion (Wirbelströme) die Sorptionsmittelfüllung erhitzen. Beim Beheizen des Sorptionsmittels mittels einer Flamme kann die Heizfläche auch als Wärmetauscherfläche zur Wärmeabgabe während der Adsorptionsphase genutzt werden. Somit kann eine der üblicherweise doppelt installierten Wärmetauscherflächen eingespart werden.

Vorteilhaft kann es auch sein, die Geometrie des Sorptionsmittelbehälters speziell auf die Wärmeabgabe während der Sorptionsphase abzustimmen. Für den Fall der Wärmeabgabe an die Umgebungsluft sind große, strömungsgünstige Wärmetauscherflächen zu bevorzugen.

5

Das Arbeitsmittel kondensiert überwiegend im Verflüssiger. Das Kondensat muss von dort in den Verdampfer geleitet werden. Wenn der Adsorptions-Kühlapparat einfach aufgebaut ist, muss das Kondensat ohne zusätzliche Hilfe in den Verdampfer zurückfließen können. Einfach zu realisieren ist dies immer dann, wenn der Verflüssiger und damit auch der Wärmepuffer höher liegen als der Verdampfer. Das Kondensat kann dann schon während der Desorptionsphase auf Grund der Schwerkraft zurückfließen. In Kühlapparaten wo dies nicht möglich ist, kann es von Vorteil sein, wenn das Kondensat im Verflüssiger oder einem Sammeltank gespeichert wird, um dann zu Beginn der Adsorptionsphase, wenn der Dampfdruck im Verdampfer sinkt, in den Verdampfer hochgesaugt zu werden.

Bei kostengünstigen Kühlapparaten muss auf eine aufwendige, elektronische Regelung verzichtet werden. Da aber Adsorptionsapparate zwangsläufig eine stark schwankende Kühlleistung abgeben, ist es von Vorteil, wenn die Kühlleistung auf einfache Weise begrenzt werden kann. Erfahrungsgemäß wird hierzu der Querschnitt der Arbeitsmitteldampfleitung zum Sorptionsmittel verringert. Dies kann z.B. durch Dehnkörper erfolgen, die bei sinkender Temperatur den Leitungsquerschnitt zum Sorptionsmittel verkleinern. Besonders preiswert sind Bi-Metall-Elemente, die im Verdampfer eingebaut, den Ausgang des Verdampfers bei sinkenden Verdampfertemperaturen verengen.

Da der Verdampfer systembedingt bei jeder Desorption auf das Temperaturniveau der Verflüssigung angehoben wird und zu Beginn der Adsorptionsphase durch Verdampfen eines Teils des Arbeitsmittels wieder auf das tiefe Temperaturniveau der Verdampfung abgekühlt werden muss, ist es sinnvoll die thermische Masse des Verdampfers gering zu halten und die Menge flüssigen Arbeitsmittels so einzustellen, dass am Ende der Adsorptionsphase möglichst das gesamte Arbeitsmittel verdampft ist. Gegen Ende der Adsorption wird die Arbeitsmittelmenge im Verdampfer immer kleiner und folglich die Benetzung der Wärmetauscherfläche zur Wärmeaufnahme aus dem zu kühlenden Medium immer schwieriger. Erfahrungsgemäß enthält der Verdampfer für diesen Betriebszustand Benetzungsmittel, die das restliche Arbeitsmittel homogen über die innere Verdampferfläche verteilen. Bewährt haben sich hierfür Glasfaservliese, die als dünne Schicht auf den entsprechenden Verdampferflächen aufgebracht sind.

In der Zeichnung ist die Erfindung am Beispiel zweier elektrisch beheizter Kühlschränke dargestellt.

Fig. 1 zeigt ein Schnittbild durch einen Adsorptions-Kühlapparat mit tiefer liegendem Verflüssiger, während

Fig. 2 den oberen Teil eines Adsorptions-Kühlapparates mit einem in Bezug auf den Verdampfer höher liegenden Verflüssiger aufzeigt.

Ein in Fig. 1 dargestellter Kühlschrank 1 besteht aus einem thermisch isolierten Hohlkörper 2, den an seiner Vorderseite eine Tür 3 verschließt und der im Innenraum Lebensmittel und Getränkeflaschen 11 abkühlt und gekühlt lagert. Das vom Verdampfer zu kühlende Medium ist in dieser Anwendung die Luft im Innenraum des Kühlschranks.

Unter der Decke des Kühlschranks 1 ist ein Verdampfer 4 angeordnet, aus dem das Arbeitsmittel Wasser 5 verdampft. Der Verdampfer 4 ist über eine Arbeitsmitteldampfleitung 9 mit einem Sorptionsmittelbehälter 12 und über eine weitere Verbindungsleitung 10 mit einem Verflüssiger 13 verbunden. Der Verdampfer 4 ist auf seiner unteren Innenfläche mit einem saugfähigen Faservlies 6 beschichtet, welches das Arbeitsmittel Wasser homogen über die Wärme aufnehmende Oberfläche verteilt. Außen enthält er mehrere Kühlrippen 7, die Wärme aus dem zu kühlenden Medium Luft aufnehmen. Unterhalb der Kühlrippen 7 ist eine Lage Kälte speichernde Elemente 8 eingelegt, die Wasser enthalten und die auch vereisen können. Vor der Mündung der Arbeitsmitteldampfleitung 9 ist ein Bi-Metall-Element 23 angeordnet, das bei sinkenden Verdampfertemperaturen die Austrittsöffnung zum Sorptionsmittelbehälter verengt. Der mit Wärmetauscherrippen 15 versehene Verflüssiger 13 liegt im unteren Bereich eines Pufferspeichers 14, der mit Wasser 16 aufgefüllt ist. Der Sorptionsmittelbehälter 12 besteht aus zwei metallischen Sorberhüllen 17, die in der Mitte eine elektrische Heizung 18 einbetten. Die Sorberhüllen 17 enthalten jeweils eine Sorptionsmittelfüllung 19, die aus Zeolithformkörpern aufgebaut ist.

Ein Regler 20 steuert den Betrieb der Heizung 18, abhängig von der Temperatur der Kühlschrankluft und der Temperatur der Sorptionsmittelfüllung 19. Eingangsgrößen in den Regler 20 sind die Lufttemperaturen im Kühlschrank, die über einen Temperatursensor 21 erfasst werden und die Zeolithtemperatur, die von einem Zeolith-Temperaturfühler 22 gemeldet wird.

Die erfindungsgemäße Funktion des Kühlschranks lässt sich in eine relativ kurze Desorptionsphase und eine deutlich längere Adsorptionsphase unterteilen.

Die Desorptionsphase beginnt mit dem Aufheizen der Sorptionsmittelfüllung 19. Der Temperatursensor 21 meldet an den Regler 20 die Überschreitung der vorgewählten Temperatur der Kühlschrankluft. Daraufhin wird die elektrische Heizung 18 in Betrieb genommen bis der Zeolith-Temperaturfühler 22 das Erreichen der Desorptions-Endtemperatur feststellt. Während der Heizphase wird aus der immer wärmer werden Sorptionsmittelfüllung 19 Wasserdampf ausgetrieben, der durch die Arbeitsmitteldampfleitung 9, den Verdampfer 4 und die Verbindungsleitung 10 in den Verflüssiger 13 einströmt. In diesem wird der Dampf durch Wärmeabgabe über die Wärmetauscherrippen 15 an das Pufferwasser 16 verflüssigt. Das Kondensat sammelt sich im unteren Bereich des Verflüssigers 13. Ein kleiner Teil des Wasserdampfes verflüssigt sich im Verdampfer 4 bis dieser auf das Temperaturniveau des Verflüssigers 13 angestiegen ist. Auch die Luftmassen rund um den Verdampfer 4 erwärmen sich. Da diese Luftmenge leichter ist, als die kalte Luft im unteren Kühlbereich, erfolgt keine Vermischung. Zudem verhindern die Kälte speichernen Elemente 8 dass die Getränkeflaschen 11 im Kühlschrank (z.B. durch Wärmestrahlung) merklich erwärmt werden.

Auch die mit der Umgebungsluft in Kontakt stehenden Sorptionsbehälter-Hüllen 17 geben während der Desorptionsphase Wärme ab. Da diese Phase aber erfindungsgemäß kurz gehalten werden kann und die Wärmeverluste relativ zur hohen Heizleistung gering sind, kann auf eine thermische Isolierung der äußeren Sorptionsbehälter-Hüllen 17 verzichtet werden. Zudem bildet sich innerhalb der Sorptionsmittelfüllung 19 ein relativ starker Temperaturgradient aus. So sind nahe der elektrischen Heizung 18 Temperaturen bis 400 °C messbar, während die Zeolithtemperaturen im Kontakt zu den außenliegenden Sorptionsbehälter-Hüllen 17 nur 140 °C heiß werden. Die Wärmeverluste an die Umgebung sind von diesem niedrigen Temperaturniveau deutlich geringer. Zudem treten diese Temperaturen lediglich am Ende der Desorptionsphase auf. Mit dem Erreichen der Desorptions-Endtemperatur wird die Beheizung abgestellt. Der Pufferspeicher hat zu diesem Zeitpunkt seine höchste Temperatur. Diese sinkt nunmehr während der folgenden Adsorptionsphase kontinuierlich ab, da über die Behälterwände langsam Wärme an die Umgebung abfließt.

Auch über die nicht thermisch isolierten Sorptionsbehälter-Hüllen 17 fließt weiterhin Wärme an die vorbeiströmende Umgebungsluft ab. Die Temperatur der Sorptionsmittelfüllung 19 sinkt dadurch und Arbeitsmitteldampf strömt zurück in den Sorptionsmittelbehälter 12. Der Dampfdruck im Verdampfer 4 nimmt daraufhin ab bis das Kondensat aus dem Verflüssiger hochgesaugt wird. Als bald befindet sich die gesamte flüssige Arbeitsmittelmenge im Verdampfer 4. Bei fortgesetzter Abkühlung der Sorptionsmittelfüllung 19 wird im Laufe der Adsorptionsphase auch diese Wassermasse im Verdampfer unter Aufnahme der Verdampfungswärme ver-

dampfen. Bei Verdampfungstemperaturen unterhalb des Gefrierpunktes wird nach und nach die verbliebene Wassermenge vereisen. Ein mögliches Abkühlen weit unter den Gefrierpunkt verhindert das Bi-Metallelement 23, das die Einströmungsöffnung in die Arbeitsmitteldampfleitung 9 verengt. Das Ende der Adsorptionsphase ist erreicht, wenn der Regler 20 eine zu hohe Lufttemperatur im Kühlschrank registriert. Durch Aufheizung der Sorptionsmittelfüllung 19 beginnt die Desorptionsphase dann von vorne.

Bei dem in Fig. 2 dargestellten Adsorptions-Kühlapparat liegt der Pufferspeicher 30 oberhalb des Verdampfers 32. Vom Sorptionsmittelbehälter 33 verläuft die Arbeitsmitteldampfleitung 34 durch den Pufferspeicher 30 um an dessen Wasserinhalt 35 die Verflüssigungswärme effektiv ableiten zu können. Der Teil der Arbeitsmitteldampfleitung 34, der Wärme an den Wasserinhalt 35 abgeben kann hat demzufolge zugleich die Funktion des Verflüssigers. Die Arbeitsmitteldampfleitung 34 ist geneigt angeordnet, so dass das Kondensat 39 bereits während der Desorptionsphase ohne zusätzliche Vorkehrungen, der Schwerkraft folgend direkt in den Verdampfer 32 abfließen kann. Der Sorptionsbehälter 33 besteht in dieser Ausgestaltung aus einer innenliegenden Heizpatrone 38 und einer Sorptionsmittelfüllung 37, die von einer zylindrischen Sorber-Hülle 36 umschlossen ist. Auch diese benötigt keine thermische Isolierung, da die Wärmeverluste auf Grund der kurzen Desorptionsphase und des großen Temperaturgradienten innerhalb der Sorptionsmittelfüllung 37 gering sind.

Die Betriebsweise des Kühlapparates nach Fig. 2 verläuft identisch zu der weiter oben beschriebenen Betriebsweise des Apparates gemäß Fig. 1. Einziger Unterschied ist, dass das Kondensat 39 nicht im Verflüssiger verbleibt, sondern bereits während der Desorptionsphase in den Verdampfer 32 abfließen kann.

Zusammenfassung

5 Adsorptions-Kühlapparat mit einem intermittierend beheizten Sorptionsmittelbehälter (12), der ein Sorptionsmittel (19) enthält, das während einer Adsorptionsphase ein Arbeitsmittel exotherm sorbiert und während einer folgenden Desorptionsphase unter Wärmezufuhr bei höheren Temperaturen wieder desorbiert, mit einem Verflüssiger (4), der über eine Verbindungsleitung (10) verflüssigtes Arbeitsmittel in den Verdampfer (4) ableitet, der wiederum mit dem Sorptionsmittel über 10 eine Arbeitsmitteldampfleitung (9) in Verbindung steht, wobei der Verflüssiger (4) an einen Pufferspeicher (14) gekoppelt ist, der zumindest einen Teil der Verflüssigungswärme des Arbeitsmitteldampfes puffert und die gespeicherte Wärme auch während der Adsorptionsphase an die Umgebung wieder abführen kann.

6. Adsorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die während der Desorptionsphase zugeführte Desorptionswärme aus einem Brenner zugeführt wird.

5

7. Adsorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Sorptionsmittel Zeolith und das Arbeitsmittel Wasser enthält.

10

8. Adsorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Kondensat in einem Kondensatpuffer auf einem tieferen Niveau gesammelt wird und am Anfang der Adsorptionsphase in das höher gelegene Niveau des Verdampfers (4) gesaugt wird.

15

9. Adsorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (4) Benetzungsmittel (6) enthält, die eine homogene Verteilung des flüssigen Arbeitsmittels innerhalb des Verdampfers bewirken.

20

10. Adsorptions-Kühlapparat nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Arbeitsmitteldampfleitung (9) ein Regelement enthält, das den Strömungsquerschnitt bei zu tiefen Verdampfertemperaturen verengt.

25

11. Adsorptions-Kühlapparat nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Regelement ein Bimetall-Element (23) enthält.

30

12. Verfahren zum Betrieb eines Adsorptions-Kühlapparates mit einem intermittierend beheizten Sorptionsbehälter, der ein Sorptionsmittel enthält, das während einer Adsorptionsphase ein Arbeitsmittel exotherm sorbiert und während einer folgenden Desorptionsphase unter Wärmezufuhr bei höheren Temperaturen wieder desorbiert, mit einem angeschlossenen Verflüssiger, der über eine Kondensatleitung verflüssigtes Arbeitsmittel in einen Verdampfer ableitet, der wiederum mit dem Sorptionsmittel über eine Arbeitsmitteldampfleitung in Verbindung steht, dadurch gekennzeichnet, dass die Desorptionsphase weniger als ein Drittel der Zeit der Adsorptionsphase beträgt und die Verflüssigungswärme während der Desorptionsphase von einem Wärme-

35

speichermedium gepuffert wird und die gepufferte Wärme größtenteils während der Adsorptionsphase wieder abgeführt wird.

13. Verfahren zum Betrieb eines Adsorptions-Kühlapparates nach Anspruch 12,
5 dadurch gekennzeichnet, dass während der Desorptionsphase, verursacht durch eine hohe Heizleistung, innerhalb des Sorptionsmittels ein Temperaturgradient von über 100 K zwischen der Wärme aufnehmenden Fläche und der Wärme abgebenden Fläche entsteht.

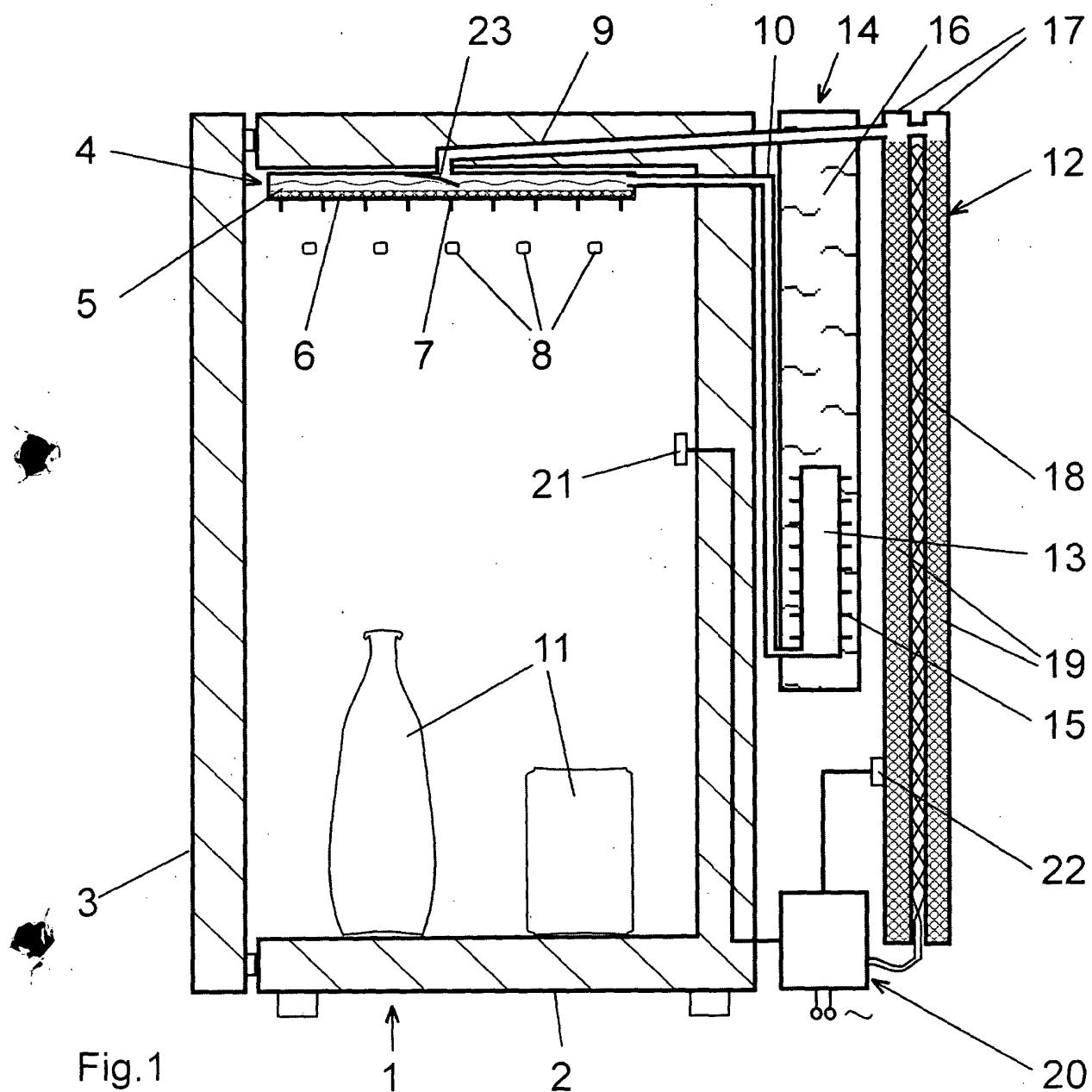


Fig. 1

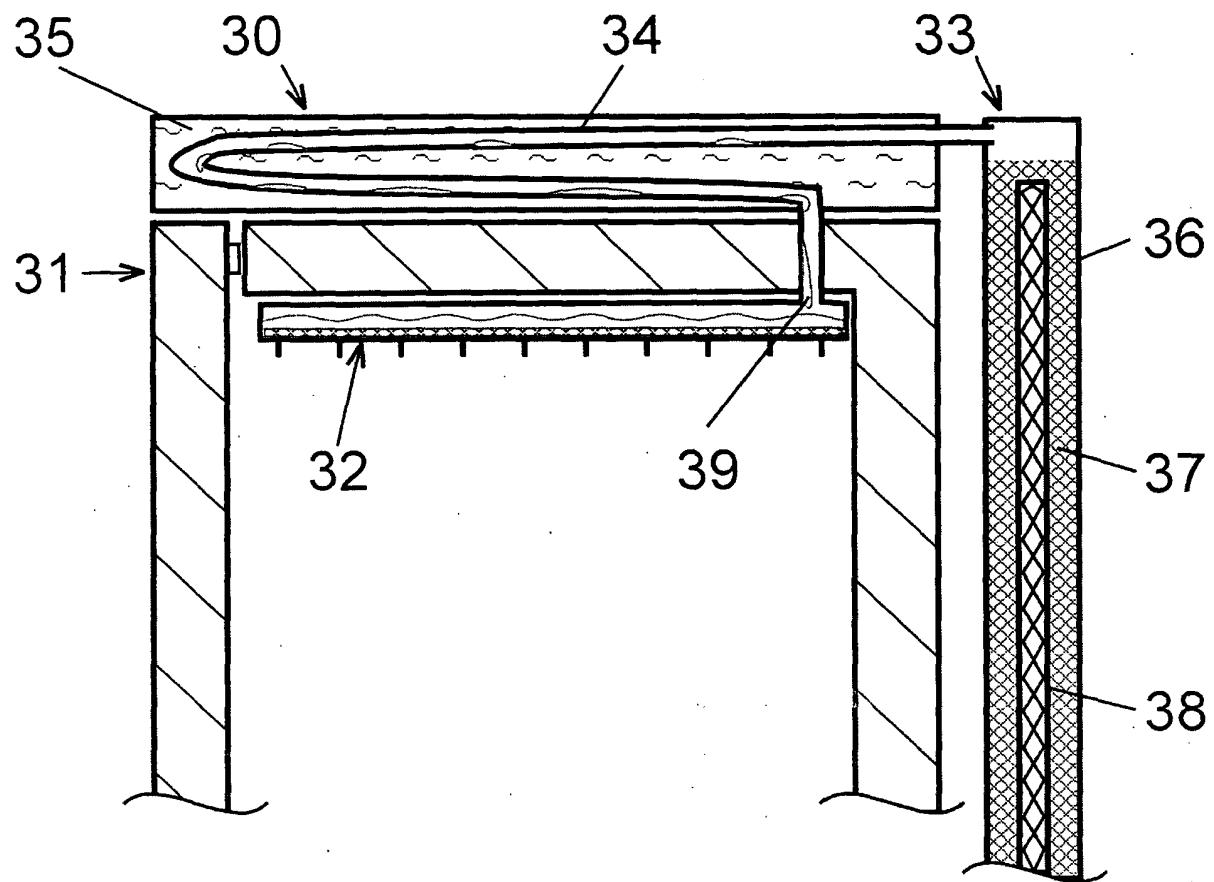


Fig.2